

1. 博士论文研究方向：月壤水冰高拟实物质模拟与表征技术

选题类别：

☐基础性研究

☐应用性研究

☒工程技术攻关研究

☐新开辟的研究方向

☐已有研究方向的继续

☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

在月球极区永久阴影坑内蕴含冰态自然水，因暂无原位采样分析实证，其赋存形态和综合物性尚不清晰。面向月球冰-壤物质高拟实度模拟问题，项目组提出了真空汽凝冰制备方法，拟突破月球PSR极端低温和真空耦合条件模拟、稀薄水分子注入流定量生成与均化调控、冰-壤形成演化状态参量原位监测与调控等关键技术，解决环境-物质-时效参量匹配难题，研制具有自主知识产权的月球冰-壤物质科学实验装置。利用该装置营造的极端低温和真空耦合条件，对月壤颗粒和水分子流之间产生的冷阱捕获、吸附沉积、冷端迁移、热致挥发等物理作用机制开展多因素多参量对照实验，揭示月球冰-壤物质形成演化机制及其综合影响因素，并能制备出可供离位分析的高拟实度定标测试样本。高拟实度物质模拟与表征技术成功研制与拓展应用，可为月球水冰物质结晶过程、冰-壤形成机理和演化规律、冰-壤物质物性表征等科学研究提供优质条件，支撑我国月球水物质科学及工程实施的创新发展。具体研究内容如下：

1) 水分子生成与浓度均化测控技术；

2) 月壤颗粒滚扬作用流动特性建模与验证；

3) 水分子与月壤颗粒镀膜作用机理；

4) 月壤水冰吸脱附机理与验证。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托国防科技重大专项“月壤水分子及挥发分探测载荷”关键技术攻关课题。

1. 博士论文研究方向：月壤侵彻式综合物性探测技术

选题类别：☐基础性研究

☐应用性研究

☒工程技术攻关研究

☐新开辟的研究方向

☐已有研究方向的继续

☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

自上世纪60年代以来，寻找地外天体水物质存在的印迹，拓展人类的外部生存空间俨然成为深空探测的前沿和热点问题。目前借助遥感和返回样品分析等探测方式，人类已初步探明月球两极永久阴影区内赋含一定丰度的水冰物质。受非接触式测量原理和技术水平限制，当前仍无法准确解析原位月壤水冰的真实物理特性及其水含量。为实现水物质精准科学证认，利用机具完成对月壤水冰物质的潜入，通过与机具共体的感测器件获得原位月壤综合物性及含水率等特征参量可有效提升水物质的探测能力，深化水冰赋存机理的认识。有别于传统钻进、铲挖、冲击贯入等剖面探测方式，利用初始动能实现对目标剖面毫秒级高速潜入的侵彻式探测具有潜入效能高、对探测器资源需求低、内部空间易于搭载原位传感组件等独特优势，因而有望成为我国未来月球极区探测的一种有效触探手段。侵彻行为的物理本质是能量转化，除部分动能用于月壤水冰压实挤密外，约占20~50%的初始动能将转化为弹体的摩擦生热。鉴于月球极区环境温度极低，侵彻动作结束后侵彻体热能将以热扩散形式加热周围局部区域内的月壤水冰，即无需施加额外热源，具备温度感测功能的侵彻体可视为埋藏于月壤剖面内的一枚“热探针”，进而可将其用以原位月壤水冰的热物性及含水率测试。考虑到月壤水冰组构非确知，目前地面制备高拟实度等效模拟物较为困难，此外月壤水冰热物性受矿物组构、颗粒粒径、环境参数、密实度等多重因素影响，侵彻热扩散特性认识缺乏，且极端低温下触探机具及传感器件存活较难，如何利用上述侵彻热扩散原理实现月壤水冰的热物性触探和含水率辨识富有挑战。主要研究内容：1)月壤水冰热等效性模拟样本制备与测试2)月壤水冰侵彻热扩散建模与验证3)月壤水冰热物性触探方法及验证4)基于热物性参数的含水率辨识研究旨在建立适用于月壤水冰物质的侵彻热扩散物理模型，设计验证极端低温环境下耐受性好、可用于侵彻器搭载的热物性及含水率感测器件，为我国水冰探测提供切实可行的新技术。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托国家自然科学基金“月壤水冰热物性触探及含水率辨识方法研究”及国防科技重大专项“月壤侵彻式勘查器探测载荷分系统”关键技术攻关